

Vysoká škola Báňská – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra robototechniky

Polohovadlo fotoaparátu pro pořizování panoramatických snímků

Positioner of Camera to Capture Panoramic Images

Student:

Radek Svoboda

Vedoucí diplomové práce:

doc. Ing. Zdeněk Konečný, Ph.D.

Ostrava 2011

Zadání bakalářské práce

Student: **Radek Svoboda**

Studijní program: **B3943 Mechatronika**

Studijní obor: **3906R006 Mechatronické systémy**

Téma: **Polohovadlo fotoaparátu pro pořizování panoramatických snímků**
Positioner of Camera to Capture Panoramic Images

Zásady pro vypracování:

1. Analyzujte způsoby pořizování panoramatických snímků.
2. Vyberte vhodný typ fotoaparátu, specifikujte potřebný počet stupňů volnosti polohovadla.
3. Navrhněte varianty řešení polohovadla, vyberte optimální variantu.
4. Zpracujte technické řešení vybrané varianty, doložte potřebné výpočty a výkresovou dokumentaci.
5. Navrhněte způsob řízení polohovadla.
6. Proveďte ekonomické zhodnocení zpracované varianty.

Práci též doložte v elektronické podobě ve formátu editoru MSWORD a konstrukční řešení v CAD systému (podle pokynů vedoucího).

Seznam doporučené odborné literatury:

1. ČSN 01 6910 Úprava písemností psaných strojem nebo zpracovaných textovými editory. Praha: Český normalizační institut, 1997. 36 s.
2. ČSN ISO 690 Bibliografické citace. Obsah, forma a struktura. Praha: Český normalizační institut, 1996. 32 s.
3. KONEČNÝ, Z., *Základy technické dokumentace*. VŠB-TU Ostrava, 2009, 83 s. [online] Dostupné z <http://robot2.vsb.cz/elekskripta/technicka_dokumentace/titulni_strana.htm>
4. HAVLÍK, J. *Výpočty a konstrukce strojních dílů*. VŠB-TU Ostrava, 2007, 99 s. [online] Dostupné z <<http://www.347.vsb.cz/files/hav35/PrednaskyVaKSD.pdf>>
5. NEFF, O. *Neff v praxi: vodce digitální fotografie: tivý a snadno srozumitelný průvodce po všem, co potěbujete v digitální fotografii*. Praha: Institut digitální fotografie, 2004. 1. vyd. 1, 256 s. ISBN 80-903210-4-6.
6. SKAŘUPA, J. *Průmyslové roboty a manipulátory*. VŠB-TU Ostrava, 2007, 229 s. [online] Dostupné z <<http://robot2.vsb.cz/elekskripta/pram/index.html>>

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Zdeněk Konečný, Ph.D.**

Datum zadání: 17.12.2010

Datum odevzdání: 23.05.2011


prof. Dr.Ing. Petr Novák
vedoucí katedry

prof. Ing. Petr Noskievič, CSc.
prorektor pro studium

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 23.5.2011



.....

podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.
- byl jsem seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména §35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci, obsažené v Záznamu o závěrečné práci, umístěném v příloze mé bakalářské práce, budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnou licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě : 23.5.2011



podpis

Jméno a příjmení autora práce:

Radek Svoboda

Adresa trvalého pobytu autora práce:

U Bečvy 583/7, Hať

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

SVOBODA, Radek . *Polohovadlo pro pořizování panoramatických snímků*. Ostrava, 2011. 45 s. Bakalářská práce. VŠB - Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra robototechniky. Vedoucí práce doc. Ing. Zdeněk Konečný, Ph.D.

V úvodu práce jsou uvedeny praktické zásady tvorby panoramatické fotografie a z toho plynoucí požadavky na fotoaparát a polohovací zařízení. Dále jsou rozvedeny různé přístupy k realizaci těchto polohovacích zařízení. Jedna z variant je posouzena jako optimální. U této varianty je navrženo řešení konstrukce. Tato konstrukce je konstruována s ohledem na co nejnížší hmotnost. Polohovací zařízení je konstruováno pro většinu standardních fotografických přístrojů s výměnným objektivem. Dále jsou uvedeny podmínky kladené na pohon zařízení a výběr vhodného motoru .V závěru práce je ekonomické zhodnocení varianty.

ANNOTATION OF BACHELOR THESIS

SVOBODA, Radek . *Positioner of Camera to Capture Panoramic Images*. Ostrava, 2011. 45 p. Bachelor Thesis. VŠB – Technical university of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Robotics. Thesis head: doc. Ing. Zdeněk Konečný, Ph.D.

In the introduction there are practical principles for creating panoramic picture and the consequent demands on the camera and positioning device. There are also described different approaches to achieve structure of positioning devices. One of the options is considered to be optimal. For this variant, a construction is designed. This solution is designed with respect to the lowest weight. Positioning device is designed for most standard cameras with interchangeable lenses. The following are the conditions required to drive the device and select the appropriate engine. In the end there is the economic evaluation of chosen variant.

1 Obsah

2	Seznam použitých značek a symbolů.....	9
3	Úvod.....	10
3.1	Digitální panoramatická fotografie.....	10
3.2	Používaná polohovadla.....	12
4	Vhodný typ fotoaparátu.....	14
4.1	Výpočet snímaného úhlu objektivu	18
5	Varianty řešení	19
5.1	Nutný počet stupňů volnosti	20
5.2	1. Varianta.....	20
5.3	2. varianta.....	21
5.4	3. varianta.....	22
6	Výběr optimální varianty	22
7	Technické řešení vybrané varianty.....	24
7.1	Výpočty.....	27
8	Návrh způsobu řízení polohovadla	29
8.1	Horizontální motor.....	30
8.2	Vertikální motor.....	32
8.3	Parametry vybraného serva Hitec HS-6635HB	34
8.4	Servo	34
8.4.1	Řídící signál:.....	38

8.5	Řízení serva.....	39
9	Ekonomické zhodnocení zpracované varianty.....	40
10	Zdroje:	42
11	Přílohy	44

2 Seznam použitých značek a symbolů

F - zatěžovací síla [N]

M_c - celkový krouticí moment [Nm]

M_d - dynamický krouticí moment [Nm]

M_s - statický krouticí moment [Nm]

J - kvadratický moment průřezu [mm⁴]

m - hmotnost [kg]

n -crop faktor

f -ohnisková vzdálenost [mm]

f^* -redukováná ohnisková vzdálenost [mm]

u - koeficient vyjadřující ztráty převodu

y -výchylka [mm]

α -úhel záběru v úhlopříčce [°]

α_p -příčný úhel záběru [°]

PWM - pulzně šířková modulace

Číslování příloh, obrázků, tabulek je ve formátu (X.Y), kde X znamená kapitulu a Y znamená číslo prvku.

3 Úvod

Myšlenka panoramatické fotografie není nic nového. Již dlouho jsou známy analogové postupy tvorby fotografií. Jedním z nich je skládání vyvolaných fotografií nebo pozitivů do panoramatického (širokoúhlého) snímku což je pracná a nedokonalá metoda. Dalším možným postupem je použití panoramatického fotografického přístroje, který provede expozici na široké políčko speciálního filmu viz obr. 1.

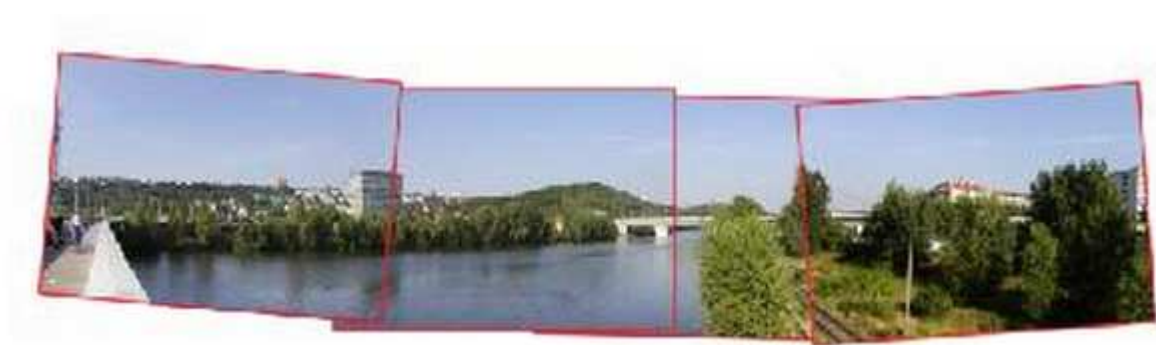


Obr. 3.1. [5]

Pod pojmem panoramatická fotografie si asi každý představí širokoúhlý snímek. Obvykle se jedná se o tzv. „obdélník“, ten může být různě široký i vysoký. Můžeme ale také hovořit o válcovém (cylindrickém) nebo kulovém (sférickém) panoramatu podle toho, jakou výseč v prostoru z hlediska pozorovatele panorama tvoří. Pokud panorama tvoří výseč v prostoru obkružující 360° v horizontální rovině a ve vertikální rovině méně než 180° jde o panorama válcové. Pokud fotografie pokrývá celý prostor okolo pozorovatele, 360° v horizontální rovině a 180° ve vertikální rovině, mluvíme o panorama kulovém.

3.1 Digitální panoramatická fotografie

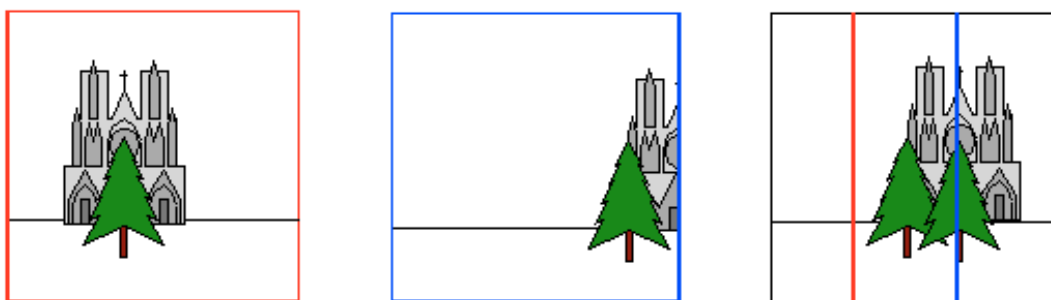
Digitální panoramatickou fotografii je možno vytvořit ořezáním kvalitní fotky s vysokým rozlišením. Obvykle nám tento postup nepřináší mnoho výhod. Další možností je vytvořit panoramatický snímek složením několika (mnoha) dílčích fotografií. Složení fotografií lze provést pomocí speciálního software (zdarma dostupný [2]). Potřebný soubor fotografií lze pořídit různými způsoby. Je možné je nafotit tzv. „z ruky“ jak vypovídá obr. 3.2. Při tomto postupu se sice softwaru podaří složit panorama, ale obvykle dojde k deformacím, vynechaným částem obrazu, a výsledné panorama bude muset být velmi ořezáno. Tento postup je použitelný pouze pro malé množství dílčích fotografií. Lepší možností je použití pomocných zařízení, která budou diskutována dále v textu.



Obr. 3.2: Složenina fotografií focených „z ruky“ [4]

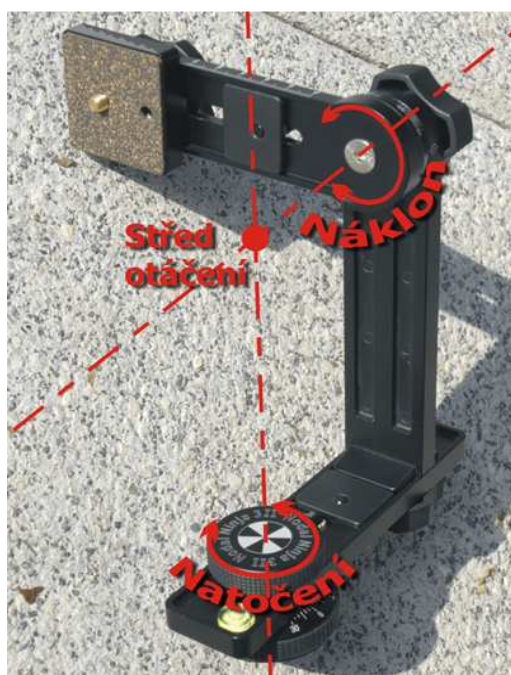
Při snímání jednotlivých obrazů je dobré dodržet několik zásad [5]:

- Vodorovnou a svislou rovinu jednotlivých fotografií při otáčení fotoaparátu kolem osy.
- Stejnou dobu expozice, vyvážení bílé, vzdálenost zaostření.
- Jednotlivé snímky by se měly překrývat o cca 20 - 30 % (podle objektivu)
- Je nevhodné použití polarizačního filtru. Účinek při otáčení fotoaparátu je nerovnoměrný.
- Nastavení nejvhodnější ohniskové vzdálenosti se bude pro každý objektiv měnit a bude nutné jej nastavit tak, aby vznikalo minimální zkreslení (zvláště na okrajích fotografie).
- Objektiv je nutné otáčet okolo optického středu (též uzlový bod - nodal point), abychom eliminovali tzv. chybu paralaxy. Je to místo, kde se kříží světelné paprsky a kde je také umístěna clona. Pokud to není zajištěno, obrázky nebudou dobře navazovat a bude docházet ke zdvojování kresby jako na obr. 3.3 a,b,c.



Obr. 3.3 a,b,c: Snímky a) a b) vzniklé pootočením fotoaparátu s osou rotace mimo uzlový bod jsou složeny na snímku c). [7]

3.2 Používaná polohovadla



Obr. 3.4: Vyznačený střed otáčení ležící v osách rotace [16]

Abychom se vyhnuli zdvojování kresby a umožnili kvalitní tvorbu panoramatu je potřeba umístit uzlový bod do průsečíku os rotací, jako na obr. 3.4. Nejjednodušším zařízením usnadňujícím focení snímků pro panoramatické fotografie je čistě mechanické zařízení (hlava) umístěná na obvyklém stativu. Obě rotační vazby jsou vybaveny úhlovými stupnicemi a možností aretace jako na obr 3.5.



Obr. 3.5.[1]

Zařízení umožňuje udržet veškeré potřebné roviny během celého focení. Je vybavena stupnicemi pro snadný odečet úhlů mezi jednotlivými snímky. Je možné také nastavit uzlový bod (nodal point) a eliminovat tzv. Chybu paralaxy. S mechanickou panoramatickou hlavou je možné fotit i poměrně rozsáhlé panoramata, jde ovšem o časově náročnou metodu.

Výhody:

- Nízká hmotnost (pro focení v terénu)
- Nezávislost na napájení
- Cena
- Jednoduchost obsluhy
- Jednoduchost konstrukce

Nevýhody:

- Vysoká pracnost a časová náročnost pořizování (zvláště při časově omezených světelných podmínkách)

Nejefektivnější je použití plně automatizovaného zařízení (obě rotační vazby jsou osazeny motory). Některé zařízení jsou vybaveny funkcí automatického spuštění snímání

panorama v čase. Tato vlastnost usnadňuje pořízení tzv. časových panoramat. Jedná se o panoramatické snímky pořizované v určitých časových intervalech (např. 20 minut), které

umožní prohlížení např. Krajiny během celého dne. Zde jde o použití převážně ve webové prezentaci.



Obr. 3.5.[3]

Výhody:

- Časově nejefektivnější pořizování rozsáhlých panoramat
- Možnost efektivního pořízení časového panoramata

Nevýhody (jsou podobné jako u zařízení s jedním krokovým motorem) :

- Závislost na napájení
- Zvýšená hmotnost
- Zvýšená náročnost obsluhy a konstrukce
- Zvýšená cena

4 Vhodný typ fotoaparátu

Vzhledem k výše uvedeným problémům a omezením vznikl tento soubor požadavků na fotoaparát:

- Pevné nastavení vyvážení bílé, zamykatelné nastavení expozice, možnost manuálního ostření.

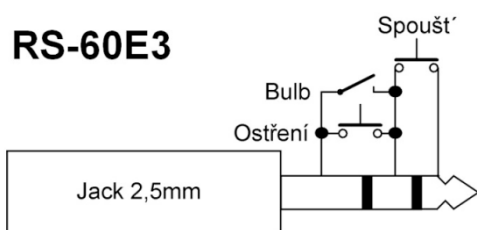
- Možnost použití několika objektivů.
- Možnost připojení tzv. drátové spouště.
- Dostatečná paměť, výdrž baterie.
- Nízká hmotnost

Pevné nastavení vyvážení bílé, zamykatelné nastavení expozice a možnost manuálního ostření je základní předpoklad pro kvalitní fotografii. Bez těchto předpokladů by docházelo například k přespvětlení některých částí panoramatu.

Použití několika objektivů je vhodné pokud chceme experimentovat s velikostí úhlu záběru dílčích fotografií. Každý objektiv má minimální zkreslení pouze v úzkém rozsahu ohniskových vzdáleností. Je to dáno nutností kompromisu mezi kvalitou a cenou při výrobě.

Použijeme-li vhodné zapojení k elektronickému stisku spouště, jedná se o nejlepší řešení. Konkrétní zapojení drátové spouště se bude lišit u každého fotoaparátu. V našem případě uvádím zapojení spouště pro Canon EOS 350D viz obr. 4.1. Konstrukce elektronické spouště není předmětem této práce. Stisk spouště může provádět i obsluha ručně.

Při focení rozsáhlých panoramat je výdrž baterií a obsah paměti často limitujícím faktorem. Nízká hmotnost je rovněž důležitá, protože znamená menší zátěž na motory a obsluhu při přenášení.



Obr. 4.1 Zapojení konektoru připojovaného k fotoaparátu. [6]

S ohledem na výčet vlastností fotoaparátu vybírám Fotoaparát Canon EOS 1000D + EF-S 18-55 mm.

Minimální ohnisková vzdálenost	18 mm
Maximální ohnisková vzdálenost	55 mm
Světelnost	3,5 - 5,6
Maximální clona	22/38

Minimální zaostřovací vzdálenost	25 cm
Poměr zobrazení	01:02,9
Stabilizace	ano
Počet prvků/skupin	11.9
Průměr filtru	58 mm
Sluneční clona	EW-60C (není součástí balení)
Délka	84,5 mm
Hmotnost	200 g

Tab. 4.1 Tabulka vlastností objektivu [8]



Obr. 4.2 Objektiv EF-S 18-55mm [8]



Obr. 4.3 Fotoaparát Canon EOS 1000D [8]

Obrazový snímač	
Efektivní počet pixelů	10,1 Mpx
Celkový počet pixelů	10,5 Mpx
Typ snímače	CMOS
Velikost snímače	22,2 x 14,8 mm
Rozlišení fotografií	3888 x 2592, 2816 x 1880, 1936 x 1288
Poměr stran	3:2

Typ barevného filtru	RGB
Protiprachová ochrana	Ano
Crop faktor	1,6
Obrazový procesor	
Typ obrazového procesoru	DIGIC III
Objektiv	
Objímka objektivu	Canon EF / EF-S
Mechanický stabilizátor	Ne
Zaostřování	
Zaostřovací režimy	Inteligentní AF, Jednosnímkový AF Servo, Režim Živý (Live) v režimu živého náhledu Live View, Režim Rychlý (Quick) v režimu živého náhledu Live View
Nastavení expozice	
Měření expozice	Poměrové, částečné, celoplošné
Kompenzace expozice	+/- 2 EV po 1/2 nebo 1/3 EV
Citlivost ISO	100, 200, 400, 800, 1600
Závěrka	
Rychlost závěrky	30-1/4000 s + Bulb
Fotografování	
Expoziční režimy	Auto, Program AE, A, S, M
Sekvenční snímání	3 sn./s
Scénické režimy	Portrét, Krajina, Detail, Sport, Noční portrét, Bez blesku
Vyvážení bílé	
Vyvážení bílé	Automatické, Denní světlo, Stín, Zataženo, Žárovka, Bílá zářivka, Blesk, Vlastní.
Hledáček	
Informace zobrazované v hledáčku	Informace o AF (body AF, potvrzovací světlo zaostření), informace o expozici (rychlost závěrky, hodnota clony, citlivost ISO (vždy zobrazena), blokování AE, úroveň expozice/kompenzace, kroužek plochy bodového měření, expoziční varování, AEB), informace o
LCD	
Velikost LCD	2,5 palce
Rozlišení LCD	230 000 px
Blesk	
Blesk	Ano
Režimy blesku	Auto, ruční zapnutí/vypnutí blesku, redukce jevu červených očí
Rychlost X-sync	1/200 s
Kompenzace zábleskové expozice	+/- 2 EV po 1/2 nebo 1/3

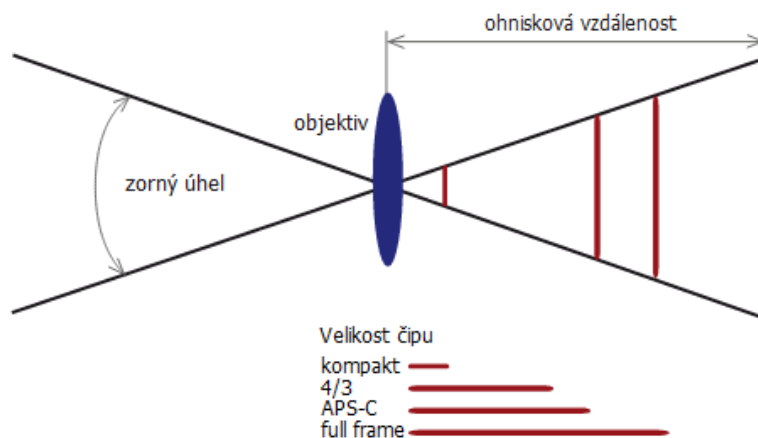
Směrné číslo	13
Záznam	
Paměťové karty	SDHC, SD
Rozhraní a napájení	
Rozhraní	USB 2.0, Video výstup, dálkové ovládání
Napájení	Akumulátor
Typ akumulátoru	LP-E5
Fyzikální specifikace	
Hmotnost	450 g
Rozměry	126 x 98 x 62 mm
Ostatní	
Základní příslušenství	Akumulátor, nabíječka, popruh, USB kabel, video kabel, síťový kabel, software, návod.
Výhody, Ocenění	Eisa 2008-2009 - Nejlepší amatérský fotoaparát roku

Tab. 4.2. Vlastnosti vybraného fotoaparátu.[8]

4.1 Výpočet snímaného úhlu objektivu

Vybraný objektiv má ohniskové vzdálenosti od 18-55mm. Úhel záběru se počítá z redukované ohniskové vzdálenosti přepočtené pomocí tzv. crop faktoru (rov. 4.1). Přepočtená vzdálenost vyjadřuje v jaké vzdálenosti by musel být kinofilm (24x32mm) aby měl objektiv shodný úhel záběru. Úhel záběru lze počítat pomocí zjednodušeného schématu (obr 4.4).

$$f' = f \cdot n = 18 \cdot 1,6 = 28,8mm \quad (4.1)$$



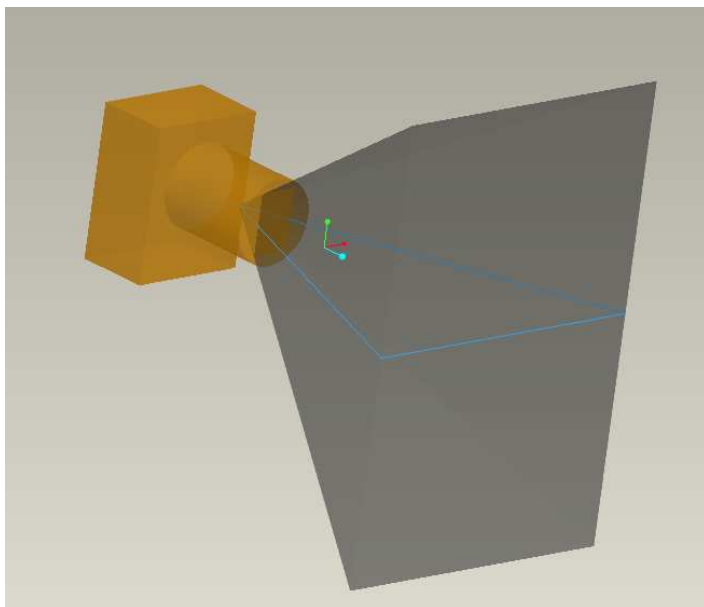
Obr. 4.4 Jednoduché schéma objektivu [15]

Pomocí jednoduchých vztahů vypočteme úhel záběru v úhlopříčce.

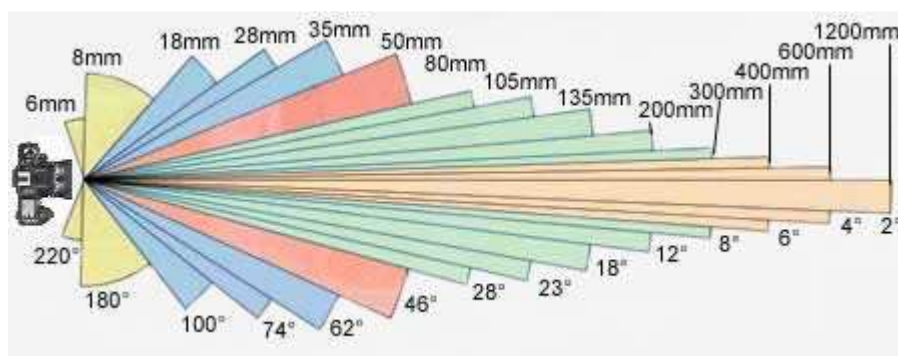
$$\alpha = 2 \cdot \arctg\left(\frac{21,6}{f'}\right) = 2 \cdot \arctg\left(\frac{21,6}{28,8}\right) = 73,73^\circ \quad (4.2)$$

Pro konstrukci v další části textu nás bude zajímat úhel záběru mezi bližšími „stěnami“ zorného „jehlanu“. Zjednodušeně lze spočítat takto.

$$\alpha_p \cong 2 \cdot \arctg\left(\frac{12}{f'}\right) = 2 \cdot \arctg\left(\frac{12}{28,8}\right) = 45,23^\circ \quad (4.3)$$



Obr. 4.5. Model zorného pole fotoaparátu.



Obr. 4.6. Úhly záběru přepočtené na standardizovaný rozměr políčka kinofilmu. [10]

Širokoúhlé objektivy vyobrazené na obr. 4.6 žlutě se pro skládání panoramatických fotografií nepoužívají, protože mají obvykle příliš velké zkreslení obrazu.

5 Varianty řešení

Pro nalezení nejvhodnějšího řešení jsem navrhnul 3 varianty, mezi nimiž jsem se poté rozhodoval.

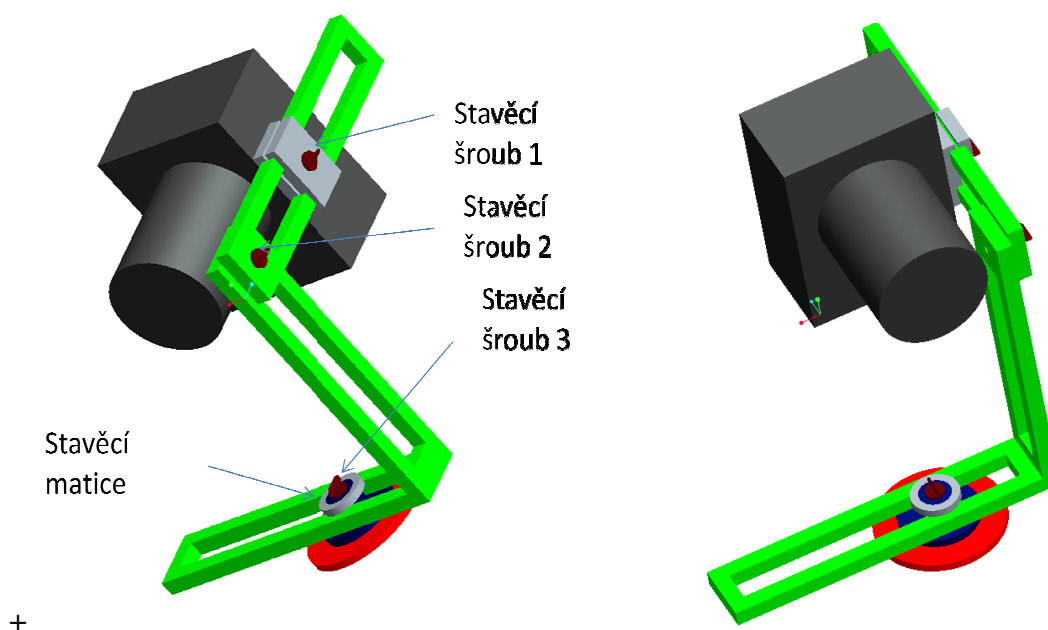
5.1 Nutný počet stupňů volnosti

Z hlediska základní funkčnosti bude celá struktura mít ve své podstatě 5 stupňů volnosti a budou to 2 rotace a 3 translace. Posuny budou sloužit k nastavení uzlového bodu objektivu do průsečíku os dvou zbývajících rotací. Posuvné vazby se budou nastavovat pouze před začátkem focení, postačí tedy provést jejich nastavení a aretaci ručně. Zbylé 2 rotační stupně volnosti budou používány i během focení.

V návrhu variant se nevyskytuje 3. posuvný stupeň volnosti, protože fotoaparáty (i canon EOS 1000D) obvykle mají závit pro uchycení do stativu umístěn v podélné ose objektivu. Na obr. 5.1 je vidět stavěcí šroub 1, který je uchycen v závitě pro stativ.

5.2 1. Varianta

První varianta spočívá v čistě mechanickém řešení. Pomocí stavěcího šroubu 1 a stavěcí matice lze ustavit střed otáčení a eliminovat tak chybu paralaxy (viz obr. 5.1). Pomocí stavěcího šroubu 2 a 3 lze potom otáčet fotoaparátem kolem středu otáčení.



Obr. 5.1 Náčrt varianty 1.

Výhody:

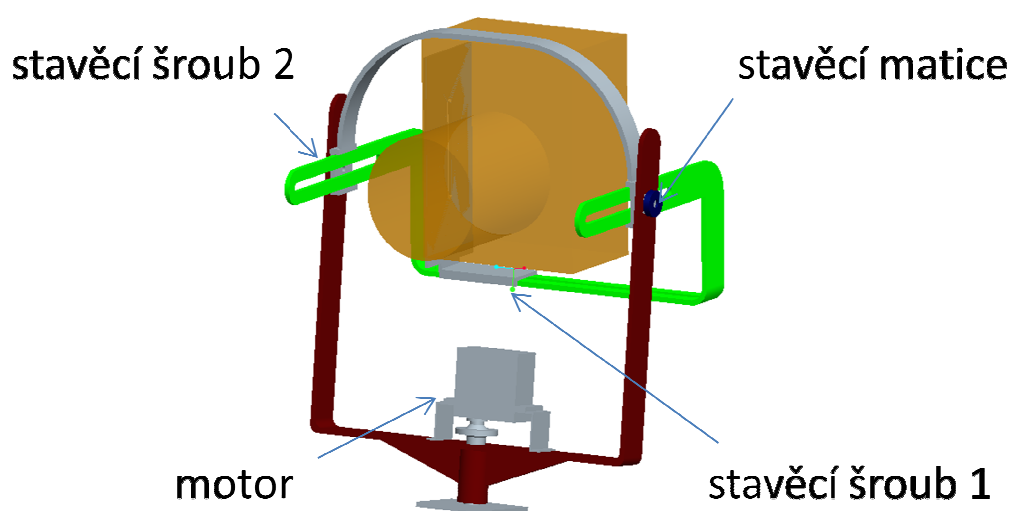
- Nízká hmotnost (pro focení v terénu)
- Nezávislost na napájení
- Cena
- Jednoduchost obsluhy
- Jednoduchost konstrukce

Nevýhody:

- Vysoká pracnost a časová náročnost pořizování (zvláště při časově omezených světelných podmínkách)

5.3 2. varianta

Další variantou je použití krokového motoru pro pootočení okolo vodorovné osy (tento pohyb je při focení panoramat nečastějším). Natočení okolo svislé osy by bylo řešeno ručně s aretací jako u čistě mechanické panoramatické hlavy popsané výše. Tento postup by výrazně urychlil pořizování snímků potřebných pro rozsáhlejší panoramata.



Obr. 5.2 Náčrt varianty 2.

Výhody oproti mechanické panoramatické hlavě:

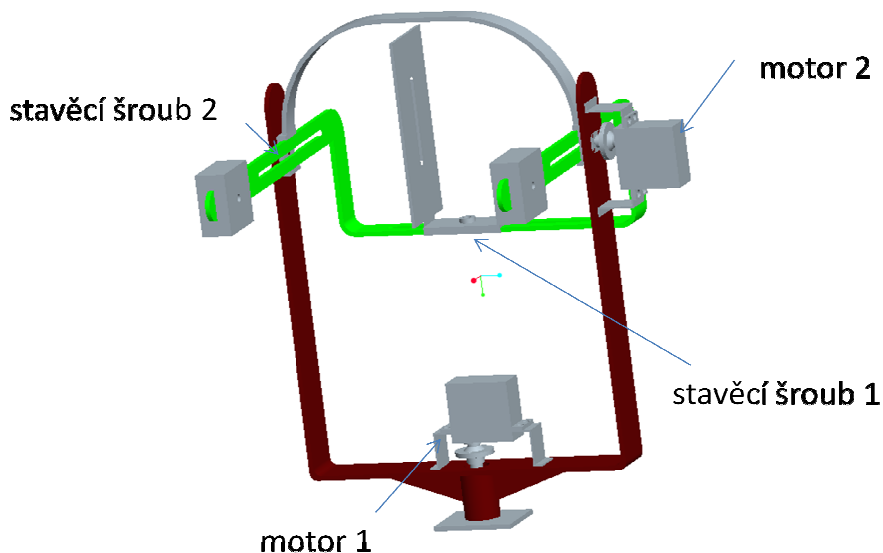
- Časová úspora

Nevýhody:

- Závislost na napájení
- Zvýšená hmotnost
- Zvýšená náročnost obsluhy
- Zvýšená náročnost konstrukce

5.4 3. varianta

Nejefektivnější je použití plně automatizovaného zařízení (obě rotační vazby jsou osazeny motory). Pomocí stavěcích šroubů 1 a 2 se ustavuje optický střed. Tato varianta navíc používá protizávaží, které snižují zatěžovací moment motoru 2.



Výhody:

- Časově nejefektivnější pořizování rozsáhlých panoramat

Nevýhody (jsou podobné jako u zařízení s jedním krokovým motorem) :

- Závislost na napájení
- Zvýšená hmotnost
- Zvýšená náročnost obsluhy a konstrukce
- Zvýšená cena

6 Výběr optimální varianty

Jako kritéria vyjadřující kvalitu konstrukce jsem zvolil :

1. Hmotnost

Hmotnost patří mezi nejdůležitější vlastnosti zařízení, které se bude často přenášet, nežádá pouze pomocí vlastních sil a na dlouhé vzdálenosti (tvorba panoramat v přírodě)

2. Cenu

3. Jednoduchost konstrukce

Tento produkt je designován pro jednoduchou výrobu ve strojní dílně.

Jednoduchost konstrukce se rovněž projeví na ceně

4. Usnadnění focení

Tento atribut vyjadřuje jak dobře daná konstrukce plní svůj účel, tedy usnadnění a zvýšení kvality focení.

úroveň	hodnota
vysoká	6
dobrá	5
průměrná	4
nízká	3
nevyhovující	2
nepříznivý stav	1

Tab.6.1 Tabulka rozsahu hodnot.

Významnost kritérií	hodnota
nejvyšší	2
nejnižší	1

Tab.6.2 Významnost kritérií.

Porovnávané páry kritérií			body	váha kritérií
k1	k1	k1		
k2	k3	k4	0,5	1,125
	k2	k2		
	k3	k4	2	1,5
		k3	1	1,25
		k4	2,5	1,625

Tab. 6.3Váhy kritérií, které sestavil doc. Ing. Zdeněk Konečný, Ph.D.

Porovnávané páry kritérií			body	váha kritérií
k1	k1	k1		
k2	k3	k4	0,5	1,125
	k2	k2		
	k3	k4	2	1,5
		k3	0,5	1,125
		k4	3	1,75

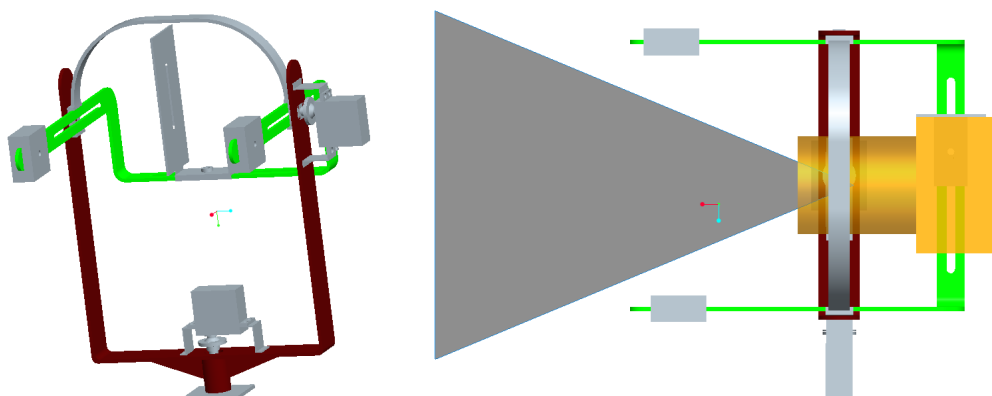
Tab. 6.4 Váhy kritérií, které sestavil Radek Svoboda

	Název koeficientu	Varianta 2 - 1 motor	Varianta 3 - 2 motory	průměrné hodnoty vah	Varianta 2	Varianta 3
hmotnost	k1	4	3	1,125	4,5	3,375
cena	k2	4	3	1,5	6	4,5
jednoduchost kostrukce	k3	3	2	1,1875	3,5625	2,375
usnadnění focení	k4	3	6	1,6875	5,0625	10,125
				součet	19,125	20,375

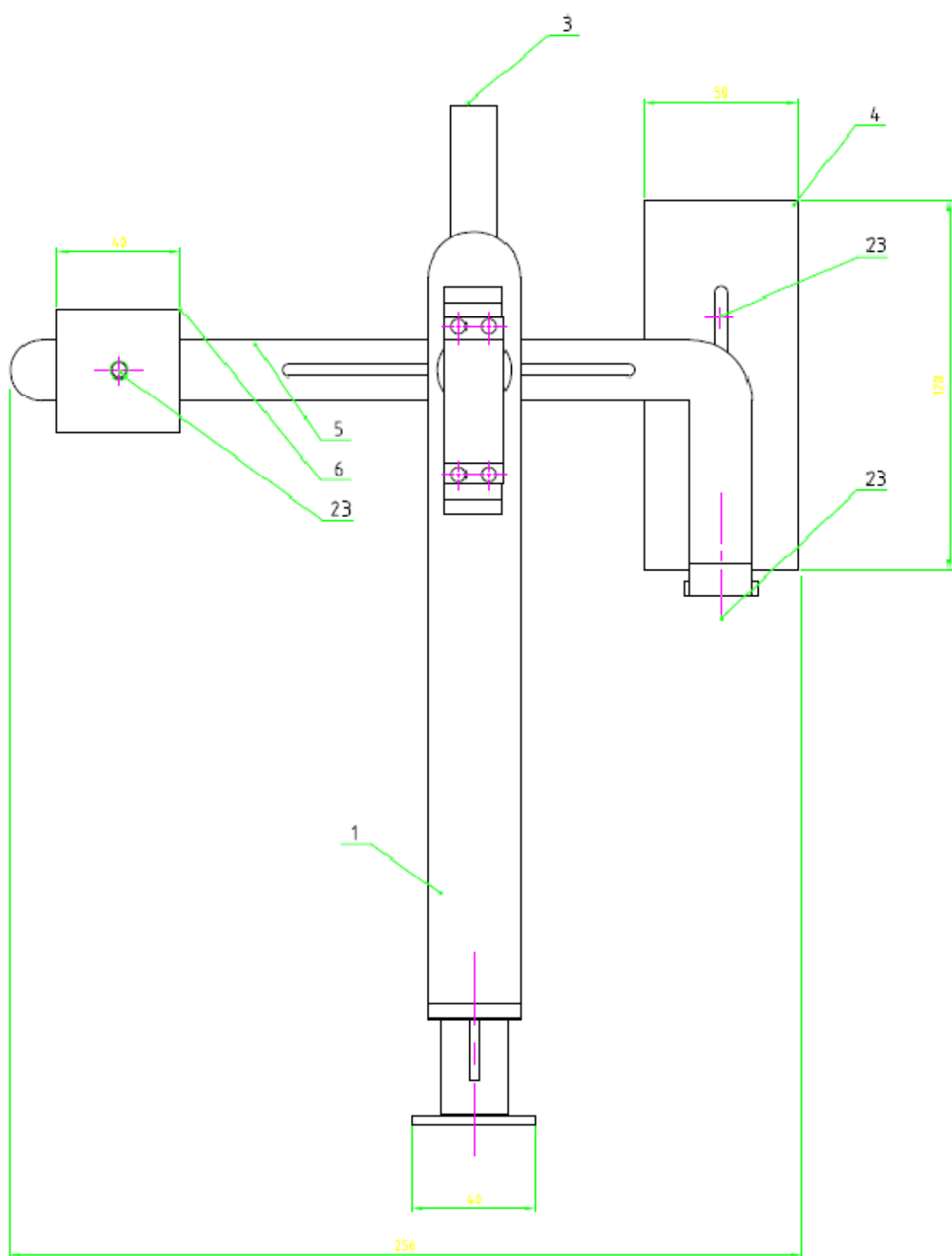
Tab. 6.5 Výběr optimálních variant

Varianta číslo 1 byla vyřazena z důvodu, že se nejednalo o mechatronický systém. V celkovém hodnocení se jeví jako nejvhodnější varianta č. 3.

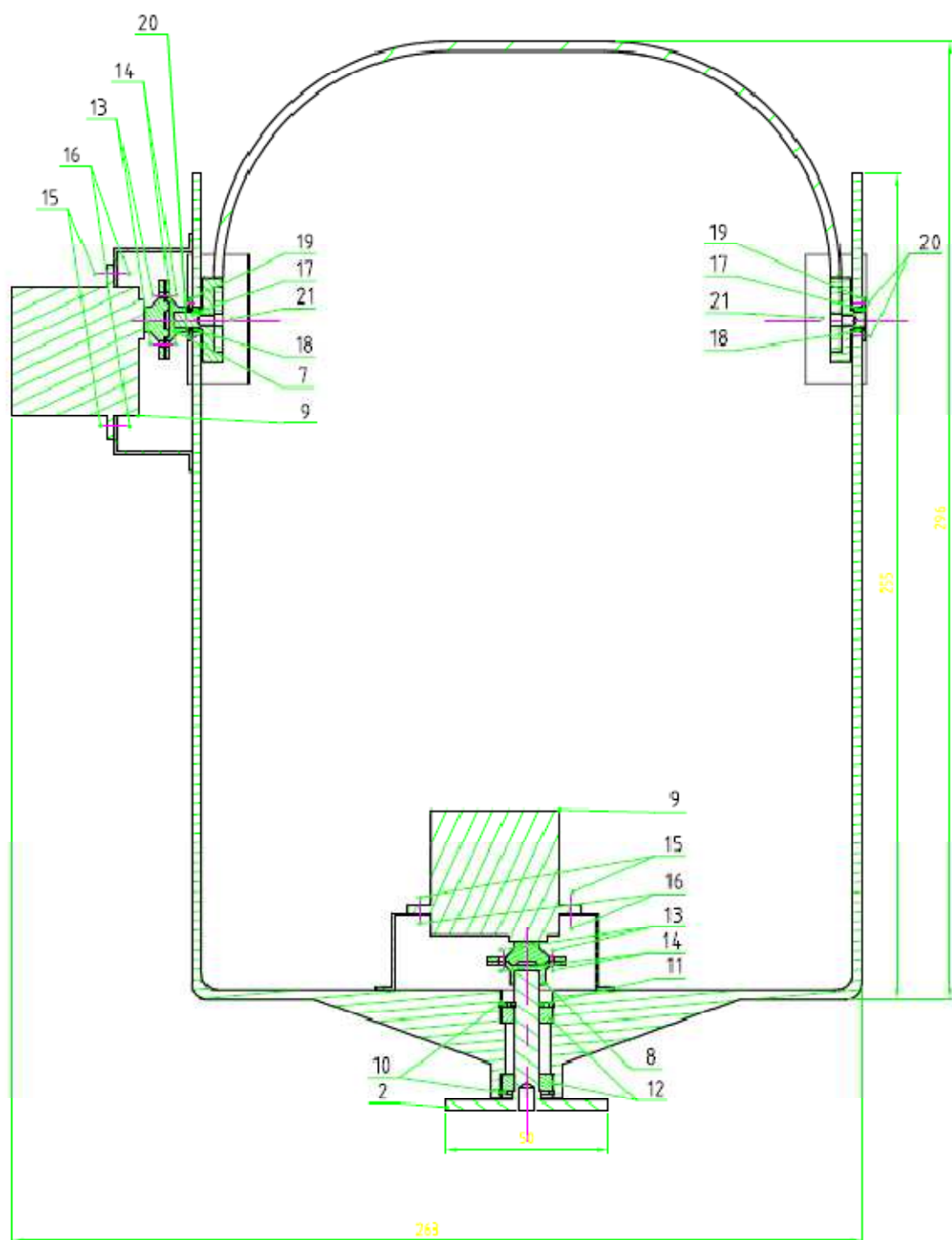
7 Technické řešení vybrané varianty



Obr.7.1,7.2 Technické řešení vybrané varianty



Obr. 7.1 Pohled z boku s vyznačenými součástmi



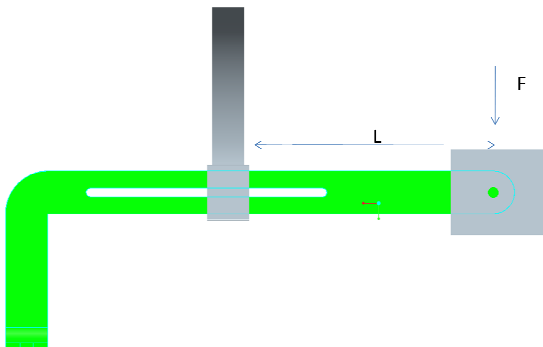
Obr. 7.2 Pohled v řezu s vyznačenými součástmi

Odkaz	Označení		Polotovár	Množ.	Hmotnost (kg)
	Výkres	Soubor	Materiál	Jedn.	
1	RÁM			1	0,559
	POL-RAM			ks	
2	PODSTAVA			1	0,061
	POL-PODSTAVA			ks	
3	MŮSTEK			1	0,127
	POL-MUSTEK			ks	
4	DRŽÁK			1	0,116
	POL-DRZAK			ks	
5	NOSIČ			1	0,322
	POL-NOSIC			ks	
6	PROTIZÁVÁŽÍ			2	0,216
	POL-ZAVAZI			ks	
7	HLAVICE HORNÍ			1	0,005
	POL-HLAVICE-H			ks	
8	HLAVICE SPODNÍ			1	0,005
	POL-HLAVICE-S			ks	
9	SERVO HS-6635HB			2	0,053
				ks	

Tab. 7.1. Část kusovníku obsahující nejtěžší části.

7.1 Výpočty

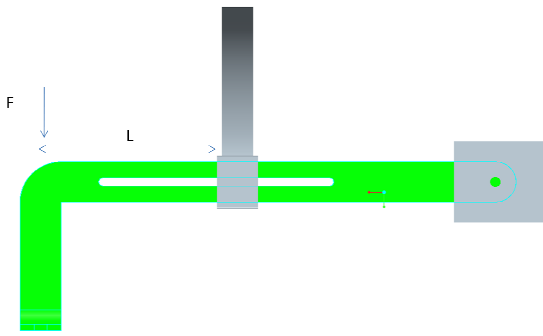
Průhyb ramena závaží:



$$J = \frac{bh^3}{12} = \frac{3 \cdot 16^3}{12} = 1024 \text{ mm}^4 \quad (7.1)$$

$$m = m_z + m_r = 0,210 + 0,050 = 0,26 \text{ Kg} \quad (7.2)$$

$$F = m \cdot g = 0,26 \cdot 9,81 = 2,55 \text{ N} \quad (7.3)$$



$$y = \frac{F \cdot L^3}{3 \cdot E \cdot J} = \frac{2,55 \cdot 115,1^3}{3 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 1024} = 0,0063 \text{ mm} \quad (7.4)$$

Průhyb ramena fotoaparátu:

$$J = \frac{bh^3}{12} = \frac{3 \cdot 16^3}{12} = 1024 \text{ mm}^4 \quad (7.5)$$

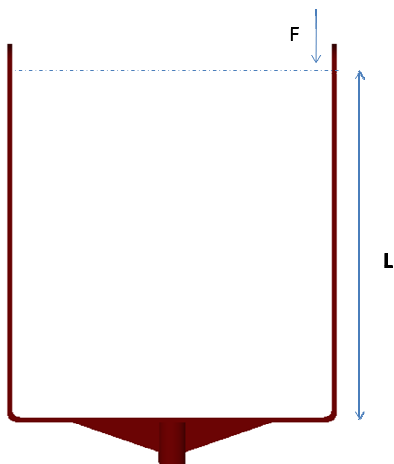
Průřez pro výpočet používám bez mezery

$$m = m_f + m_r + m_d = 0,650 + 0,010 + 0,11 = 0,77 \text{ Kg} \quad (7.6)$$

$$F = \frac{m}{2} \cdot g = 0,385 \cdot 9,81 = 3,77 \text{ N} \quad (7.7)$$

$$y = \frac{F \cdot L^3}{3 \cdot E \cdot J} = \frac{7,55 \cdot 85^3}{3 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 1024} = 0,0037 \text{ mm} \quad (7.8)$$

Vzpěr :



$$J_{min} = \frac{bh^3}{12} = \frac{30 \cdot 3^3}{12} = 67,5 \text{ mm}^4 \quad (7.9)$$

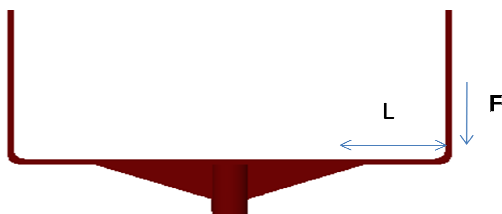
$$F_{krit} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot J}{(n \cdot L)^2} = \frac{\pi^2 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 67,5}{(2 \cdot 207)^2} = 777,3 \text{ N} \quad (7.10)$$

Volím $n=2$

$$F = \frac{m}{2} \cdot g = \frac{1,65}{2} \cdot 9,81 = 8,07N \quad (7.11)$$

$$k_e = \frac{F_{krit}}{F} = 96 \quad (7.12)$$

Průhyb ramena U:



$$J = \frac{bh^3}{12} = \frac{30 \cdot 3^3}{12} = 67,5mm^4 \quad (7.13)$$

$$y = \frac{F \cdot L^3}{3 \cdot E \cdot J} = \frac{9,81 \cdot 40^3}{3 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 67,5} = 0,0155mm \quad (7.14)$$

8 Návrh způsobu řízení polohovadla

Pro návrh řízení polohovadla je nutné znát statické a dynamické zatížení působící na motor. Abychom mohli tyto vlastnosti zjistit z modelu v proe, potřebujeme znát maximální úlovou rychlost. Pro splnění kladených požadavků postačuje 20 °/s.

Max úhlová rychlost

$$\omega_{\max} = 20^\circ/s = 2/36 \text{ ot/s} = 0,349\text{rad/s} \quad (8.1)$$

Otáčky zařízení

$$n_1 = \frac{30 \cdot \omega}{\pi} = \frac{30 \cdot 0,349}{\pi} = 3,333 \text{ n/min} \quad (8.2)$$

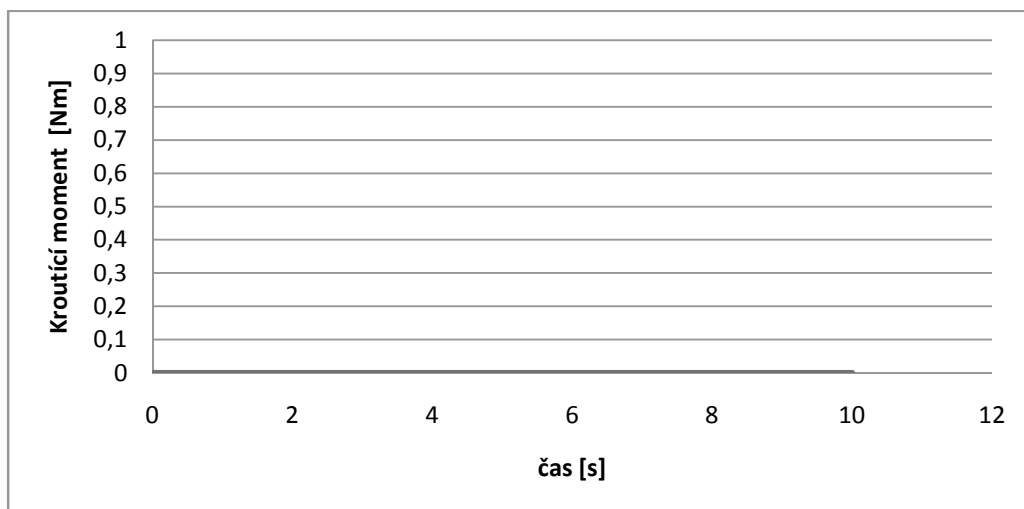
Maximální rychlosti by měl motor dosáhnout do 0,5s, proto by měl působit zrychlením dle rov. 8.3

$$\varepsilon' = \frac{\omega'}{t_r} = \frac{20}{0,5} = 40 \text{ deg/s}^2 \quad (8.3)$$

Dále by měl motor splňovat schopnost nastavení polohy s krokem do 2°.

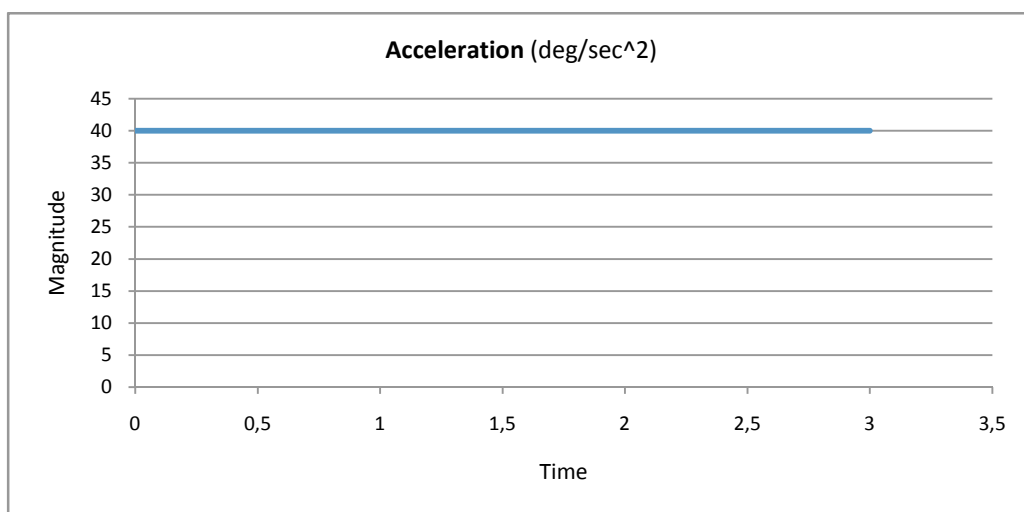
8.1 Horizontální motor

Statická analýza probíhá při konstantní rychlosti a tíhovém zrychlení.

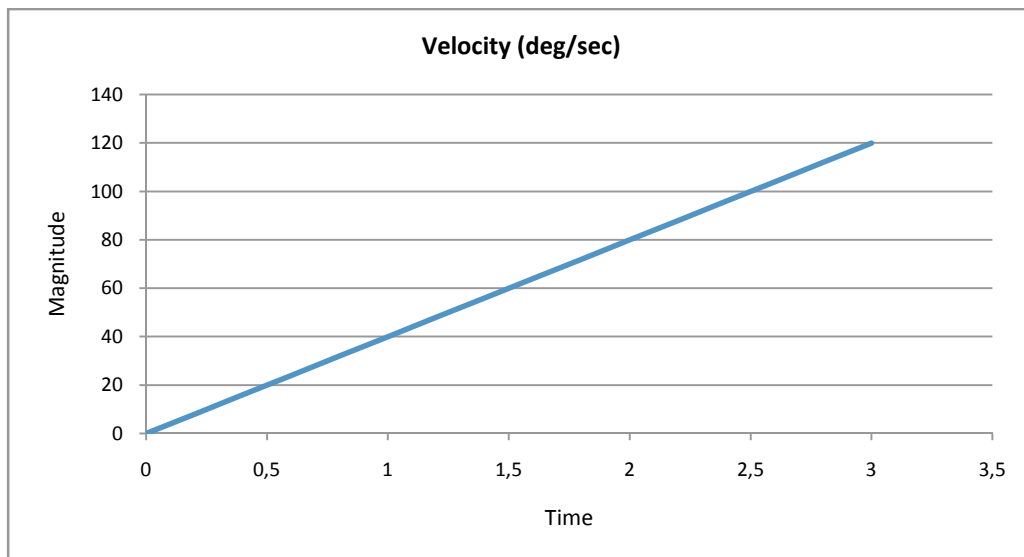


Graf 8.1 moment působící na motor při konstantní rychlosti.

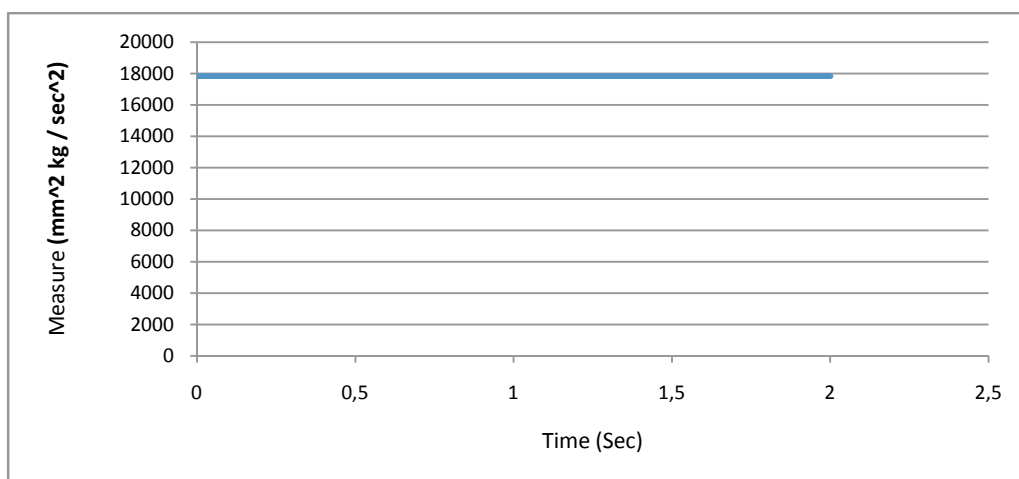
Z grafu 8.1 vidíme, že na horizontální motor nepůsobí žádné statické síly.



Graf 8.2 graf zrychlení motoru.



Graf 8.1 graf rychlosti motoru.



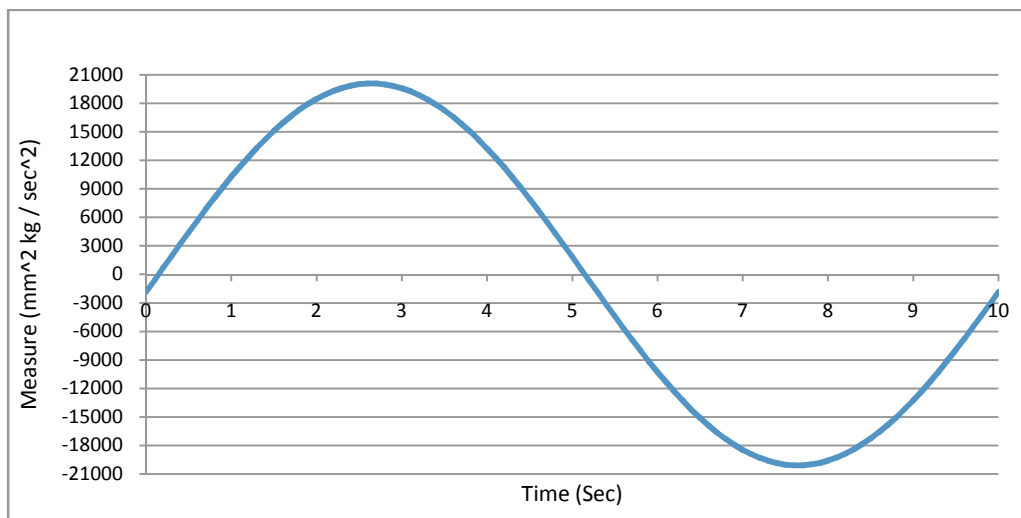
Graf 8.3 graf momentu motoru.

Technické požadavky pro horizontání motor:

$$M_c = M_d + M_s = 0,018 + 0 = 0,018 \text{ Nm}$$

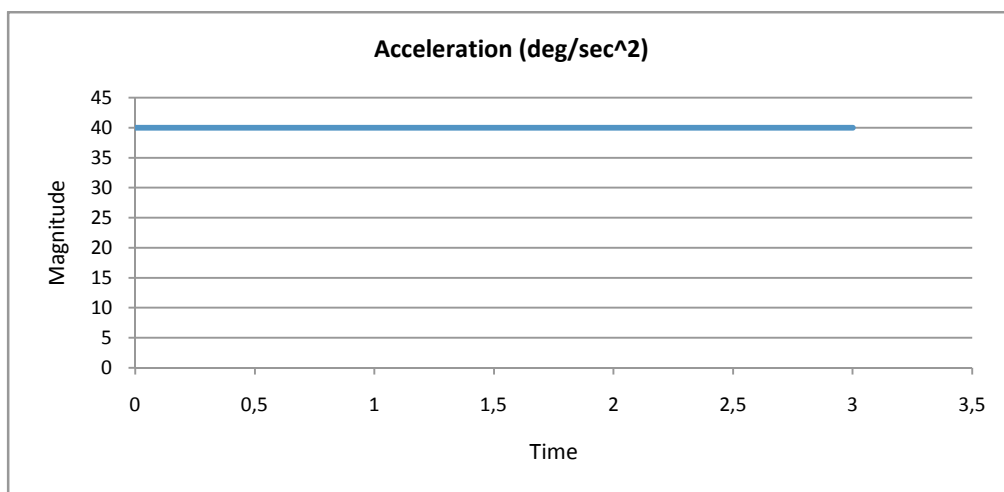
$$\text{Výkon pohonu } P = \frac{M_c \cdot \omega}{u} = \frac{0,018 \cdot 0,349}{0,8} = 7,8 \text{ mW}$$

8.2 Vertikální motor

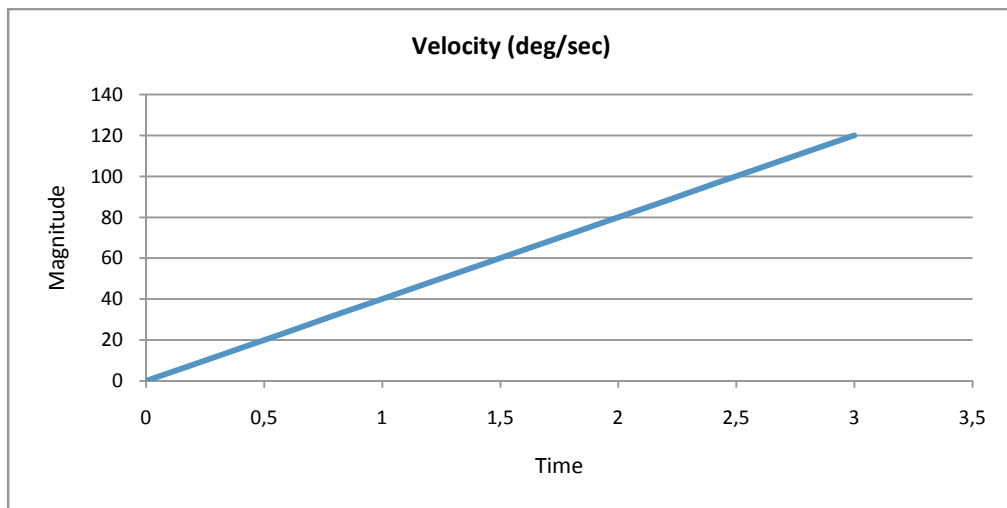


Graf 8.4 graf statického zatížení motoru při nulovém zrychlení.

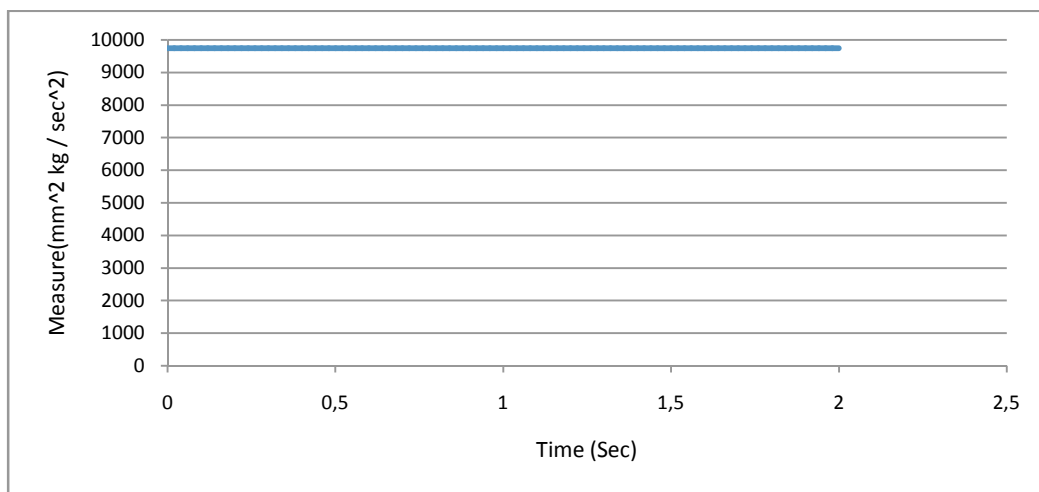
Vidíme, že díky drobnému nevyvážení (časová osa 10s odpovídá 360°) hodnota zatížení periodicky osciluje kolem malé hodnoty.



Graf 8.5 graf zrychlení motoru.



Graf 8.6 graf rychlosti motoru.



Graf 8.6 momentu motoru při zrychlení a nulovém gravitačním zrychlení.

Technické požadavky pro vertikální motor:

$$M_c = M_d + M_s = 0,01 + 0,021 = 0,031 \text{ Nm}$$

$$\text{Výkon pohonu } P = \frac{M_c \cdot \omega}{u} = \frac{0,031 \cdot 0,349}{0,8} = 13,5 \text{ mW}$$

8.3 Parametry vybraného serva Hitec HS-6635HB

Jako nejvhodnější z hlediska jednoduchosti montáže, řízení, hmotnosti a výkonu se jeví modelářské servo HS-6635HB. Bližší informace jsou uvedeny v příloze. Toto servo jako jedno z mála odpovídalo požadavkům na přesnost řízení.



Obr . 8.4 [13]

- Řízení pomocí PWM - šířka pulzu 0,6 -2,4ms
- Minimální krok $2\mu s$ (což odpovídá $0,4^\circ$)
- Maximální moment 0,5 Nm
- Proud při maximální zátěži 1 A
- Proud bez zátěže 3 mA
- Rychlost otáčení bez zátěže 333,3°/s
- Napětí 4,8 V
- Hmotnost 52g
- Umožňuje programově nastavit maximální rychlost otáčení
- Cena 960 Kč

8.4 Servo

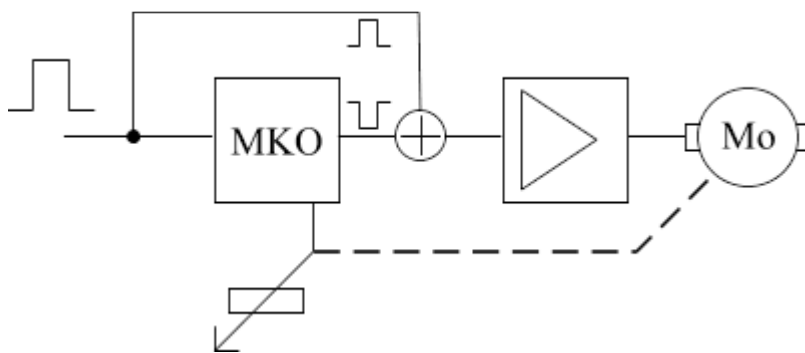
Modelářská serva jsou servomotory používané hlavně v modelářství a v dnešní době i v robotice. Serva se připojují pomocí třížilového vedení. Dva kabely jsou využívány pro napájení serva a třetí zbývajících kabel je pro řídicí signál. Řídicí signál má podobu obdélníkových pulzů o různých šířkách a frekvenci 50Hz. V závislosti na délce pulzu dochází k vychylování páky serva. Pro centrální polohu je použita délka pulzu 1,5 ms [9] .

Servo můžeme rozdělit na několik částí:

- Řídicí elektronika
- Motor

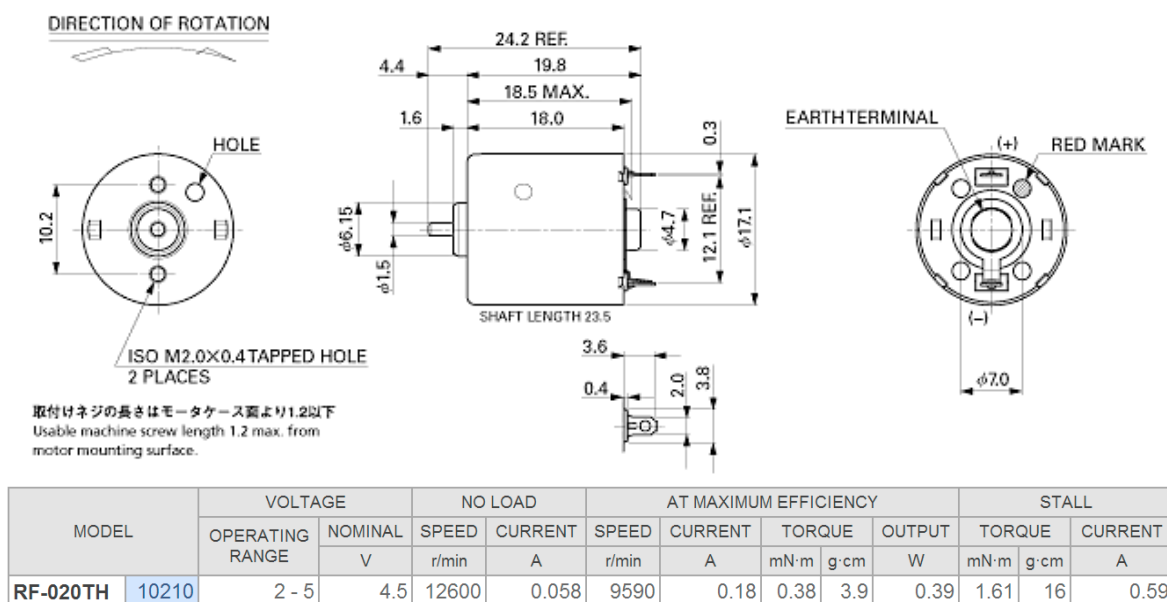
- Potencimetr zajišťující zpětnou vazbu
- Převodovka

Obvyklé zapojení řídicí elektroniky servomotoru je znázorněno na obr. 8.1. Do vstupu je přiváděn řídicí signál, který budí řídicí obvod (na obr. označený MKO), ten generuje impuls o délce, která odpovídá momentální poloze servomotoru a opačné polarity než je řídicí impuls. Tyto dva impulsy se porovnávají a výsledkem je rozdílový impuls, který po zesílení způsobuje roztočení elektromotoru jedním či druhým směrem. Otáčení elektromotoru působí přes zpětnou vazbu (realizovanou potenciometrem) na řídicí obvod. Díky tomu se vyrovnávají délky vstupního impulsu a impulsu generovaného monostabilním klopným obvodem. V okamžiku, kdy se délky impulsů shodují, je elektromotor zastaven, protože servomotor dosáhl požadované polohy.



Obr. 8.1: Jednoduché schéma řídicího obvodu[14]

V tomto typu serv bývá obvykle použit stejnosměrný motor. Specifikace konkrétního motoru použitého v tomto servu je uvedena na obr.8.2.

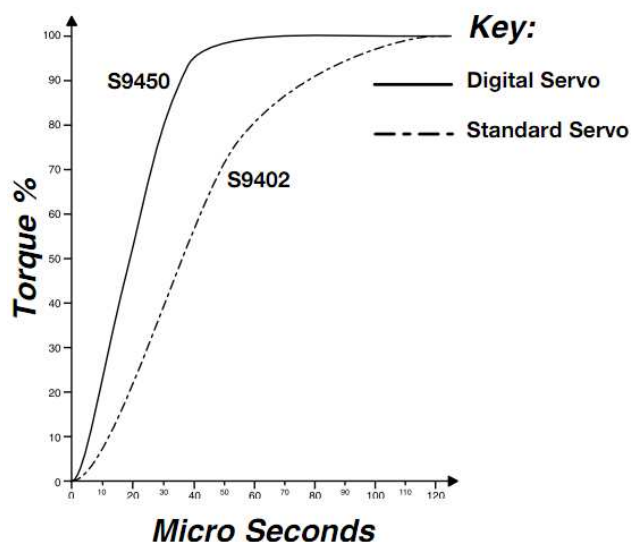


Obr. 8.2 Katalogový list motoru. [11]

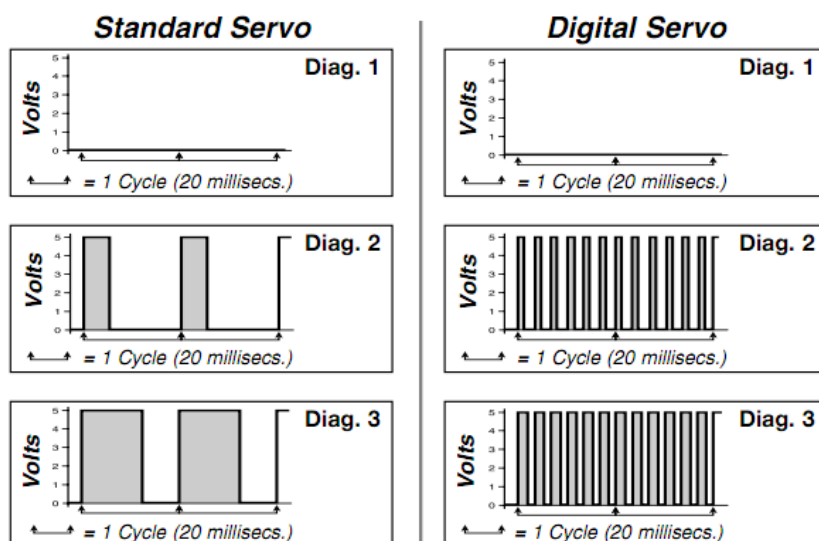
Použité potenciometry mívají rozsah pouze 0-180°, proto je nutné servo horizontálního pohonu upravit. Serva firmy Hitec jsou snadno rozebíratelné a potenciometr lze snadno vyjmout a vyměnit. Vhodné je použít potenciometr shodného odporu, rozměrů a rozsahu 0-360°.

Převodovka je v modelářských servech realizována pomocí soustavy ozubených kol. Ozubená kola jsou realizována různými druhy plastů a kovů.

Dále při volbě modelářského serva zohledňujeme, zda se jedná o analogové či digitální. U digitálních modelářských serv je počet kroků vyšší než u analogového provedení. Analogová modelářská serva jsou schopna vyvíjet plnou sílu až po určité délce řídicího signálu. Oproti tomu digitální modelářská serva vyvíjí plný tah i při menších výchylkách. Rozdíl v tahu mezi servy je uveden na obrázku 8.3. Jedná se o serva S9450 a S9402 od firmy Futaba, lze je použít jako modelový příklad i pro námi použitá serva.



Obr. 8.3 Rozdíl v tahu motoru[12]



Obr. 8.3 Rozdíl v řízení motoru. [12]

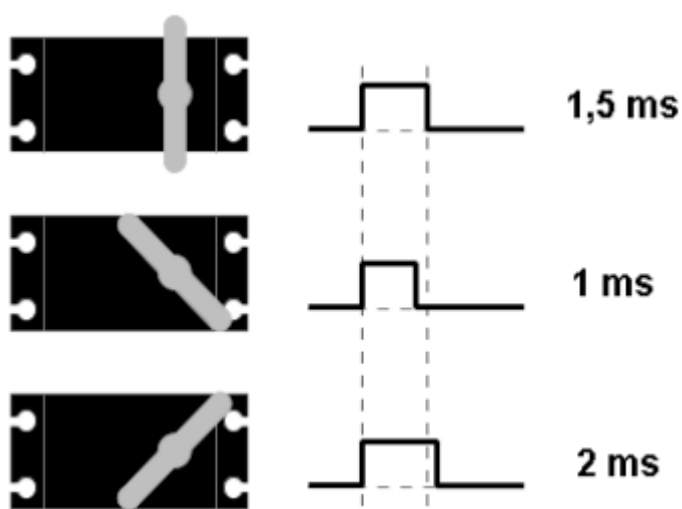
Jak je vidět na obr. 8.3, obvody řízení motoru standardního analogového serva generují signál co 20 ms (tedy pokaždé co přijde vstupní impulz určující chtěnou polohu). Obvody řízení digitálního serva jsou realizovány pomocí mikroprocesoru a ten si po příchodu řídicího impulzu “pamatuje” jeho hodnotu a umožňuje tak lépe řídit výkon jdoucí do motoru. Digitální serva proto mají:

- konstantní kroutící moment po celou dobu řídicího cyklu
- zvýšený kroutící moment při nulových otáčkách
- vyšší rozlišení (snížení počtu kroků)
- zvýšený příkon

8.4.1 Řídící signál:

Řídící signál přiváděný na vstup monostabilního klopného obvodu musí splňovat základní parametry:

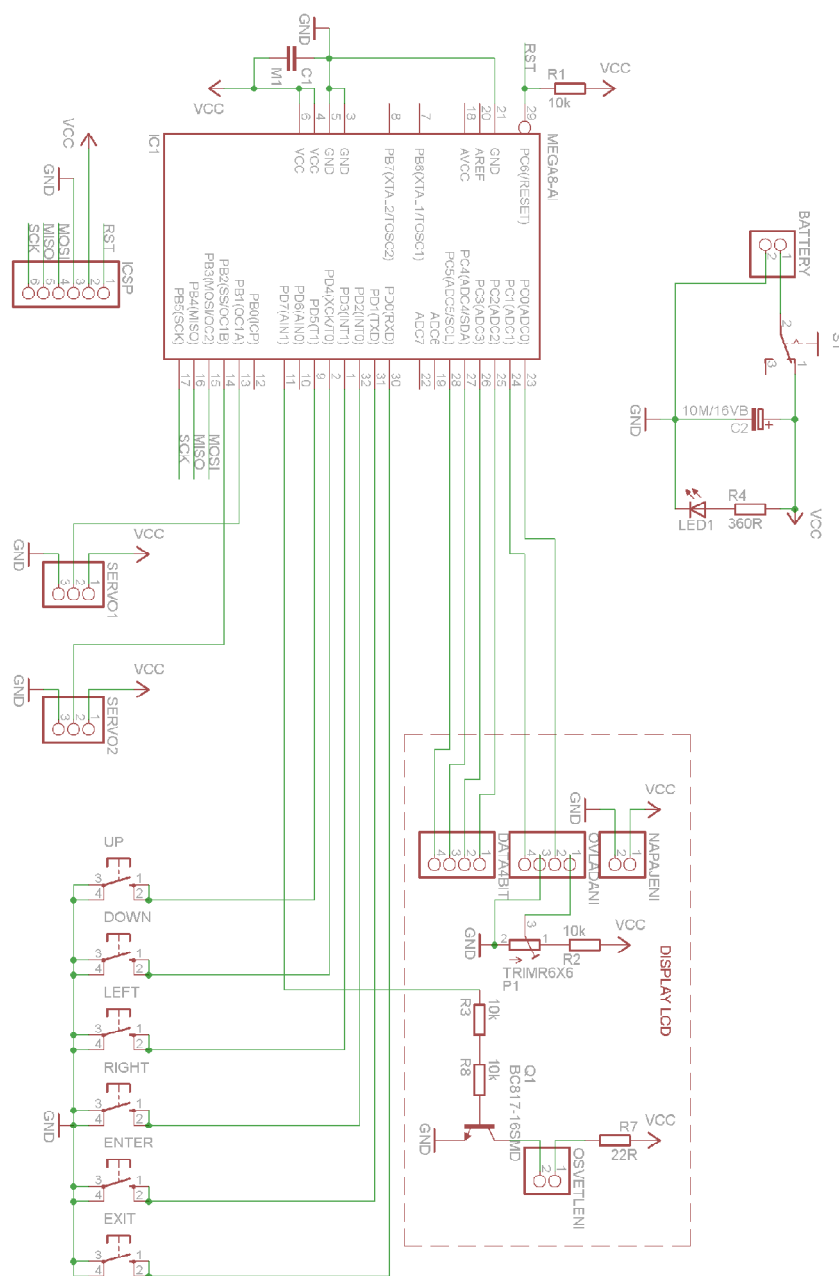
- Frekvence signálu musí být 50 Hz
- Rozmezí délek pulsů 0,6 ms až 2,4 ms
- Realizace signálu pro řídicí elektroniku je prováděna pomocí pulsně šířkové modulace (PWM) generované pomocí procesorové jednotky.



Obr. 8.3 Schématicky znázorněno natočení v závislosti na délce řídicího impulzu. [14]

8.5 Řízení serva

Pulzně šířkovou modulaci pro řízení serva lze generovat mikropočítačem. Použití mikropočítače nám přináší několik výhod, zvláště pokud můžeme použít shodného napájení jak pro motory, tak pro jejich řízení. Jeden z vhodných mikročipů je 8 bitový ATmega8. Jeho zapojení je vidět na obr. 8.4. nebo v příloze.



Obr. 8.4

Pomocí tlačítek lze řídit chod obslužného programu . Informace o chodu programu budou zobrazovány na displayi.

9 Ekonomické zhodnocení zpracované varianty

Pro ekonomické zhodnocení jsem vypracoval přehlednou tabulku nejdražších komponent.

položka	cena za kus/kg	kusů/kg	cena bez DPH
	Kč		Kč
Servo HS-6635	960	2	1920
nerezový plech ,3x1500x3000, EN ISO 9445	151	1,8	271,8
ložisko 8	54	2	108
ložisko 5	57,8	2	115,6
Drobné strojní díly	100	1	100
ATmega8	125	1	125
Drobné elektrotechnické díly	500	1	500
Celkem za materiál			3140,4

fotoaparát s objektivem	8742	1	8742
-------------------------	------	---	------

Z tabulky vyplývá, že hrubá cena za materiál bude přibližně 3140 Kč. Nejbližší komerční řešení s podobnou funkcionalitou je dostupné zatím pouze na americkém trhu v přepočtu za 18000 Kč (obr. 9.1).



Obr. 9.1.

- Hmotnost 3.3 kg (bez fotoaparátu)
- cena 18 000 Kč (bez fotoaparátu)

V porovnání s komerčním produktem se mnou navržená varianta zdá úspěšnější. Díky konstrukci využívající protizávaží je na ni možné umístit i mnohem těžší fotoaparáty (konstrukce by pro těžší fotoaparáty vyžadovala přiměřená zesílení).

10 Zdroje:

- [1] *Www.360precision.com* [online]. 2007 [cit. 2011-05-23]. 360precision - products. Dostupné z WWW: <<http://www.360precision.com/360/index.cfm?precision=products.home&mainnavID=2#giga>>.
- [2] *Hugin.sourceforge.net* [online]. 2006 [cit. 2011-05-23]. hugin. Dostupné z WWW: <<http://hugin.sourceforge.net/>>.
- [3] *Gigapansystems.com* [online]. 2010 [cit. 2011-05-23]. Products. Dostupné z WWW: <<http://gigapansystems.com/gigapan-products/gigapan-epic-pro-product-page.html>>.
- [4] *Www.grafika.cz* [online]. 2008 [cit. 2011-05-23]. Panorama. Dostupné z WWW: <http://www.grafika.cz/art/photoshop/ph_luci_panorama.html>.
- [5] *Www.krimi-servis.cz* [online]. 2007 [cit. 2011-05-23]. Panorama. Dostupné z WWW: <<http://www.krimi-servis.cz/?p=379>>.
- [6] *Pokusy.chytrak.cz* [online]. 2010 [cit. 2011-05-23]. Drátová spoušť. Dostupné z WWW: <<http://pokusy.chytrak.cz/schemata/RS-60E3.htm>>.
- [7] *Www.makofoto.cz* [online]. 2010 [cit. 2011-05-23]. Uzlový bod. Dostupné z WWW: <http://www.makofoto.cz/nikon/tech_podpora/nodal_point.htm>.
- [8] *Gigapansystems.com* [online]. 2010 [cit. 2011-05-23]. Products. Dostupné z WWW: <<http://www.megapixel.cz/canon-ef-s-18-55-mm-f-3-5-5-6-is#parameters>>.
- [9] Novák, P. Mobilní roboty – pohony, senzory, řízení. BEN – technická literatura, 2005, Praha, ISBN 80-7300-141-1
- [10] *Www.fotoaparát.cz* [online]. 2010 [cit. 2011-05-23]. Article. Dostupné z WWW: <<http://www.fotoaparát.cz/article/5007/1>>.
- [11] *Www.mabuchi-motor.co.jp* [online]. 2010 [cit. 2011-05-23]. Catalogue. Dostupné z WWW: <http://www.mabuchi-motor.co.jp/cgi-bin/catalog/e_catalog.cgi?CAT_ID=rf_020th>.
- [12] *Www.futaba-rc.com* [online]. 2010 [cit. 2011-05-23]. Digital servos. Dostupné z WWW: <<http://www.futaba-rc.com/servos/digitalservos.pdf>>.
- [13] *Www.servocity.com* [online]. 2010 [cit. 2011-05-23]. Products. Dostupné z WWW: <http://www.servocity.com/html/hs-6635hb_stan__hi-torque.html>.
- [14] *Www.vutbr.cz* [online]. 2010 [cit. 2011-05-23]. Závěrečné práce. Dostupné z WWW: <http://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=29872>.
- [15] *Hucak.osu.cz* [online]. 2010 [cit. 2011-05-23]. Crop. Dostupné z WWW: <<http://hucak.osu.cz/digifoto/technika/crop.php>>.

[16] Jakub.serych.cz/ [online]. 2010 [cit. 2011-05-23]. Jak fotografovat panorama. Dostupné z WWW: <
<http://jakub.serych.cz/jak-fotografovat-panorama-priprava> >.

11 Přílohy

Control System: +Pulse Width Control 1500usec Neutral

Required Pulse: 3-5 Volt Peak to Peak Square Wave

Operating Voltage: 4.8-6.0 Volts

Operating Temperature Range: -20 to +60 Degree C

Operating Speed (4.8V): 0.18sec/60° at no load

Stall Torque (4.8V): 5kg.cm

Current Drain (4.8V): 3mA/idle and 400mA no load operating

Stall Current (4.8V): 2000mA

Dead Band Width: 2usec

Bearing Type: Dual Ball Bearing

Gear Type: Karbonite - Heavy Duty Resin

Connector Wire Length: 300mm

Dimensions: 39.8 x 19.8 x 38.8mm

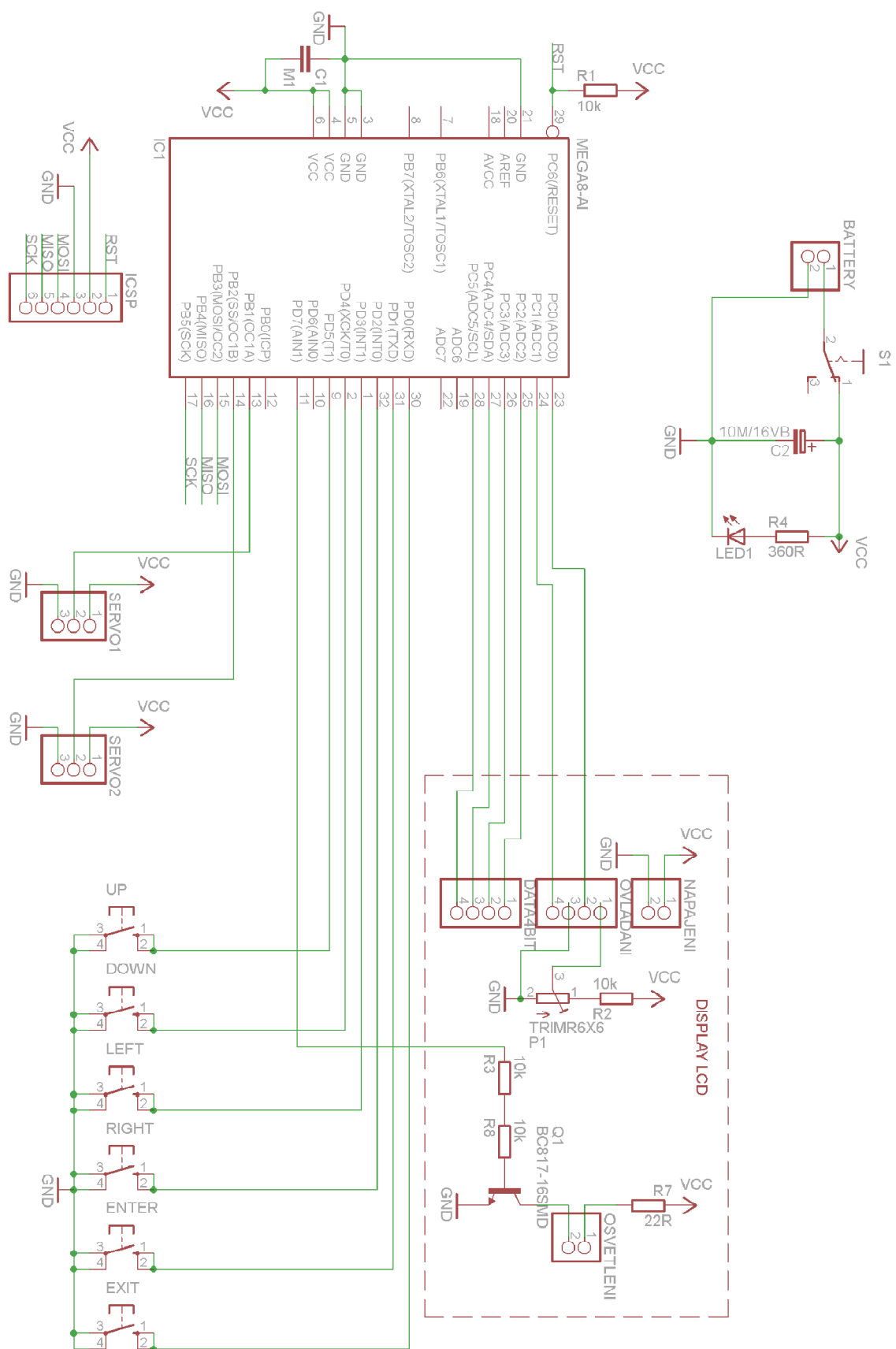
Weight: 52.1g

Price: 960Kč

Příl. 11.1 Parametry použitého serva.[13]

- High-performance, Low-power Atmel® AVR® 8-bit Microcontroller
- Advanced RISC Architecture
 - 130 Powerful Instructions – Most Single-clock Cycle Execution
 - 32 x 8 General Purpose Working Registers
 - Fully Static Operation
 - Up to 16MIPS Throughput at 16MHz
 - On-chip 2-cycle Multiplier
- High Endurance Non-volatile Memory segments
 - 8Kbytes of In-System Self-programmable Flash program memory
 - 512Bytes EEPROM
 - 1Kbyte Internal SRAM
 - Write/Erase Cycles: 10,000 Flash/100,000 EEPROM
 - Data retention: 20 years at 85°C/100 years at 25°C⁽¹⁾
 - Optional Boot Code Section with Independent Lock Bits
 - In-System Programming by On-chip Boot Program
 - True Read-While-Write Operation
 - Programming Lock for Software Security
- Peripheral Features
 - Two 8-bit Timer/Counters with Separate Prescaler, one Compare Mode
 - One 16-bit Timer/Counter with Separate Prescaler, Compare Mode, and Capture Mode
 - Real Time Counter with Separate Oscillator
 - Three PWM Channels
 - 8-channel ADC in TQFP and QFN/MLF package
 - Eight Channels 10-bit Accuracy
 - 6-channel ADC in PDIP package
 - Six Channels 10-bit Accuracy
 - Byte-oriented Two-wire Serial Interface
 - Programmable Serial USART
 - Master/Slave SPI Serial Interface
 - Programmable Watchdog Timer with Separate On-chip Oscillator
 - On-chip Analog Comparator
- Special Microcontroller Features
 - Power-on Reset and Programmable Brown-out Detection
 - Internal Calibrated RC Oscillator
 - External and Internal Interrupt Sources
 - Five Sleep Modes: Idle, ADC Noise Reduction, Power-save, Power-down, and Standby
- I/O and Packages
 - 23 Programmable I/O Lines
 - 28-lead PDIP, 32-lead TQFP, and 32-pad QFN/MLF
- Operating Voltages
 - 2.7V - 5.5V (ATmega8L)
 - 4.5V - 5.5V (ATmega8)
- Speed Grades
 - 0 - 8MHz (ATmega8L)
 - 0 - 16MHz (ATmega8)
- Power Consumption at 4Mhz, 3V, 25°C
 - Active: 3.6mA
 - Idle Mode: 1.0mA
 - Power-down Mode: 0.5µA

Příl. 11.2 Parametry mikročipu.



Příl. 11.3.